MANTENIMIENTO Y CALIBRACIÓN DE MAQUINARIA PARA APLICACIÓN DE PRODUCTOS FITOSANITARIOS

PULVERIZADORES HIDRÁULICOS DE CHORRO TRANSPORTADO

JUNTA DE ANDALUCIA

Consejería de Agricultura y Pesca

D. G. Producción Agrícola y Ganadera

MANTENIMIENTO Y CALIBRACIÓN DE MAQUINARIA PARA APLICACIÓN DE PRODUCTOS FITOSANITARIOS

PULVERIZADORES HIDRÁULICOS DE CHORRO TRANSPORTADO

Dirección y Supervisión:

Concepción Cobo González [1]
Consuelo Migueles Luque [1]

Realización:

Jesús A. Gil Ribes [2]
Gregorio L. Blanco Roldán [2]
José Cañero López [2]
Alfonso José Guillén Dana [2]

[1] Consejería de Agricultura y Pesca. Dirección General de la Producción Agrícola y Ganadera.
[2] G.I. AGR126 "Mecanización y Tecnología Rural". E.T.S.I. Agrónomos y de Montes. Universidad de Córdoba.

La presente Hoja Divulgativa se ha realizado dentro del "Plan de Mantenimiento y Calibración de los Equipos de Aplicación de Tratamientos Fitosanitarios (2008–2010)" establecido en función de un Convenio Específico de colaboración entre la Consejería de Agricultura y Pesca y la Universidad de Córdoba.

MANTENIMIENTO Y CALIBRACIÓN
DE MAQUINARIA PARA APLICACIÓN DE PRODUCTOS FITOSANITARIOS

PULVERIZADORES HIDRÁULICOS DE CHORRO TRANSPORTADO

ÍNDICE

1. Introducción _____ Pág. 5

2. Cómo se consigue un tratamiento fitosanitario correcto_____ Pág. 7

3. Necesidad de la revisión y calibración de los pulverizadores_____Pág. 8

4. Beneficios de la revisión y calibración de un equipo_____Pág. 8

5. Cómo se revisa y calibra un pulverizador hidroneumático_____Pág. 8

6. Procedimiento_____Pág. 9

7. Examen visual sin accionamiento de la máquina_____Pág. 10

8. Examen visual con accionamiento de la máquina_____Pág. 19

9. Medidas realizadas para la calibración de la máquina_____Pág. 23

10. Otros aspectos a tener en cuenta_____Pág. 27

11. Protocolo de mantenimiento y calibración_____Pág. 30

1 Introducción

Los pulverizadores hidráulicos de chorro transportado, también denominados pulverizadores hidroneumáticos o atomizadores, se emplean para realizar aplicaciones sobre plantaciones arbustivas y arbóreas. En ellos, el líquido, presionado por una bomba, atraviesa un orificio calibrado (boquilla), quedando dividido en gotas, cuyo tamaño disminuye conforme lo hace el diámetro del orificio y aumenta la presión, que son transportadas hacia la masa foliar por una corriente de aire generada por un ventilador.

Está constituido por los siguientes **elementos** (Fig. 1): eje de transmisión de potencia, depósito de caldo, bomba, manómetro, válvulas reguladoras de presión y caudal, distribuidores, filtros, tuberías, elemento de aplicación, boquillas y unidad generadora de aire.

Para que el atomizador funcione de forma adecuada es necesario que sus elementos estén en perfecto estado de mantenimiento y calibración. Esto se consigue con las recomendaciones recogidas en esta publicación, las cuales pueden ser fácilmente aplicadas por agricultores y técnicos.

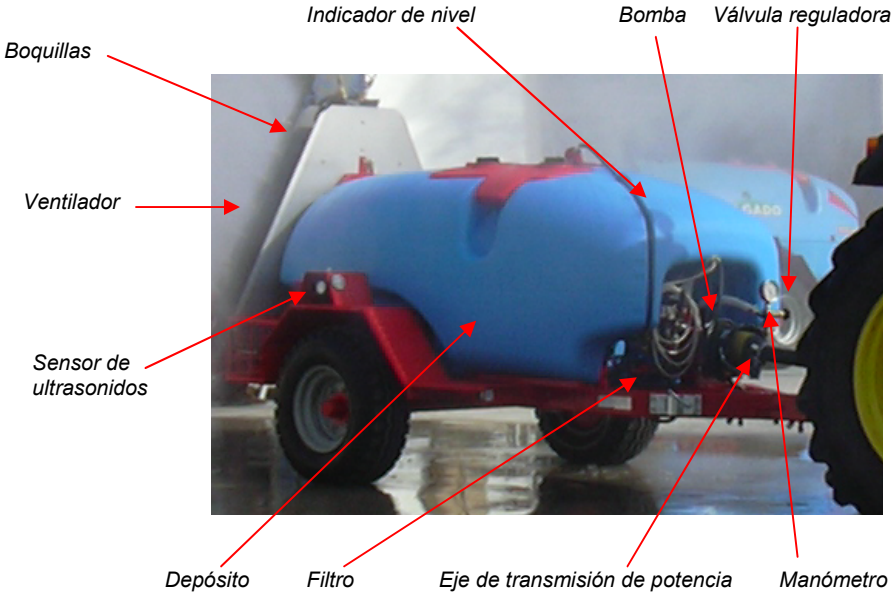

Fig. 1. Elementos principales de un pulverizador hidroneumático.

2 *¿Cómo se consigue un tratamiento fitosanitario correcto con un pulverizador hidráulico de chorro transportado?*

Para realizar un **tratamiento fitosanitario correcto** con un pulverizador hidráulico de chorro transportado (atomizador), hay que elegir bien el producto, la dosis a aplicar, las boquillas que proporcionen un tamaño y número de gotas apropiado para conseguir buena uniformidad, hacerlo en el momento oportuno y emplear el equipo técnicamente adecuado, bien regulado y conservado.

La Dosis o Volumen de caldo a distribuir (D) viene determinada por el marco de plantación. En cultivos donde los árboles forman filas continuas (poca distancia entre árboles) se expresa en litros/ha y en cultivos con filas discontinuas (por ejemplo, olivares tradicionales) se expresa en litros/ árbol. Por tanto, puede calcularse según la expresión:

$$D\ (l/ha \text{ ó } l/\text{ árbol}) = V_{veg}\ (m^3/\text{ ha ó } m^3/\text{ árbol}) * V_c\ (l/\ 1000\ m^3)$$

donde V_{veg} es el volumen de vegetación y V_c es el volumen de caldo a distribuir, que suele venir recomendado por cada 1000 m^3 de vegetación.

El Volumen de vegetación se calcula según las expresiones:

$$V_{veg}\ (m3/\ ha) = (H * A_c * 10000) / d \quad \text{ó} \quad V_{veg}\ (m^3/\text{ árbol}) = 0.52 * D_c^2 * H_c$$

donde H (m) es la altura del árbol, A_c (m) el ancho de copa, d (m) la distancia entre filas de árboles, D_c el diámetro de la copa y H_c la altura de la copa. Los parámetros H, A_c, D_c y H_c deben calcularse en la plantación tomando una muestra de árboles y obteniendo los valores medios.

Partiendo del conocimiento de la Dosis (l/ ha) y fijando una velocidad real de avance de la máquina (v, Km/h), se puede obtener el caudal total pulverizado (suma del caudal individual de cada una de las boquillas) (Q, l/min) según la expresión:

$$Q\ (l/min) = (D * v * d) / 600$$

Y, por tanto, el **caudal** individual de las boquillas y la **presión de trabajo**. Se procedería de forma similar si la Dosis viene dada en l/ árbol.

Por último, debe ajustarse el caudal de aire proporcionado por el ventilador. En la Fig. 2, se muestra una tabla típica para la selección de la presión y el caudal, que los fabricantes suelen adherir a la propia máquina. En los atomizadores, también cabe la posibilidad de utilizar varios tipos de boquillas para tratar las diferentes zonas del árbol.

PRESIÓN EN ATMS.	CAUDAL EN L/ Min. - TOLERANCIA:± 2 %						
	Ø 1m/m	Ø 1,2m/m	Ø 1,5m/m	Ø 1,8m/m	Ø 2m/m	Ø 2,2m/m	Ø 2,5m/m
6	1,1	1,5	2,4	4	5	6,1	8,2
8	1,3	1,7	2,9	4,6	5,6	6,8	8,8
10	1,5	2	3,3	5,1	6,3	7,7	9,9
12	1,7	2,3	3,8	5,6	6,9	8,4	10,8
15	1,9	2,7	4,3	6,3	7,7	9,4	12,1
18	2,1	3	4,8	6,9	8,5	10,3	13,3
20	2,3	3,2	5,1	7,2	8,8	10,8	14

Fig. 2. Tabla para la selección de la presión y el caudal.

3 *¿Para qué se necesita la revisión y calibración de los pulverizadores hidroneumáticos?*

Para que se detecte cualquier deficiencia o mal funcionamiento de la máquina, como consecuencia de su uso (desgaste), rotura o mala regulación. De tal forma la dosis estimada no será distinta de la realmente aplicada y se distribuirá uniformemente, consiguiendo así un tratamiento eficaz y, por tanto, una reducción de costes.

4 *¿Qué beneficios reales se obtienen de la revisión y calibración de los equipos?*

Los **beneficios** obtenidos por el agricultor que realice la revisión y calibración de su equipo son:

- Ahorro de producto fitosanitario.
- Mayor eficacia en el tratamiento.
- Aumento de la seguridad y salud del aplicador.
- Garantizar la seguridad del consumidor (alimentos sin residuos).
- Reducción de la contaminación ambiental.

5 *¿Cómo se revisa y calibra un pulverizador hidroneumático?*

Para la **revisión** se efectúan exámenes visuales de los elementos de la máquina, con o sin accionamiento de la misma, además de comprobar los sistemas de seguridad. Se considera que el examen visual con accionamiento de la máquina incluye la verificación de la presencia del dispositivo examinado.

Para la **calibración** se efectúan medidas de precisión del manómetro (que es el punto de control de la presión de la máquina), de la distribución del caudal en las boquillas y del equilibrio de presiones en las distintas secciones.

De esta forma se consigue tener una máquina que aplica un tratamiento homogéneo y que cumple los **requisitos** de seguridad y salud y de medio ambiente recogidos en la normativa.

6 *¿Qué procedimiento se utiliza?*

Para la revisión y calibración de atomizadores en uso se utiliza un protocolo adaptado de la norma europea y española **UNE EN 13790-2 (pulverizadores para plantaciones arbustivas y arbóreas).** Este protocolo indica los **elementos** de la máquina que deben examinarse, los **requisitos** que deben cumplir los elementos y la valoración de los **defectos** (incumplimiento de los requisitos) que se detecten (Tabla 1).

Tabla 1. Valoración de los defectos detectados en un pulverizador hidroneumático

DEFECTO	DESCRIPCIÓN
G GRAVE	Defecto que debe ser reparado antes de volver a trabajar de nuevo. Afecta severamente a la calidad de la pulverización, a la seguridad del operario o al medio ambiente.
M MEDIO	Defecto que debe ser reparado lo antes posible. Afecta moderadamente a la calidad de la pulverización, a la seguridad del operario o al medio ambiente.
L LEVE	Proporciona una simple observación (llamada de atención al operario).

7 *¿Qué elementos se examinan visualmente sin accionamiento de la máquina?*

ELEMENTOS DE TRANSMISIÓN DE LA POTENCIA

- Presencia del resguardo del eje de transmisión de potencia y del eje receptor de la máquina (Fig. 3).

- Presencia del sistema de anclaje que impida que el resguardo gire (Fig. 4).

- Presencia de dispositivo de apoyo del eje de transmisión (Fig. 5).

Fig. 3. Resguardo del árbol receptor del eje de transmisión de potencia.

Fig.4. Sistema de anclaje que impida el movimiento solidario.

Fig. 5. Dispositivo de apoyo del eje de transmisión.

DEPÓSITO

- Ausencia de fugas. *No se deben producir fugas desde el depósito o desde el orificio de llenado cuando la tapadera está cerrada.*

- Presencia de filtro en el orificio de llenado y que esté en buen estado (Fig. 6).

Fig. 6. Filtro en buen estado.

Examen visual sin accionamiento de la máquina

DEPÓSITO

- Presencia del elemento de compensación de presiones (Fig. 7). P*ara conseguir que la presión interior sea la atmosférica y así evitar sobrepresiones o depresiones que puedan deformar el depósito.*

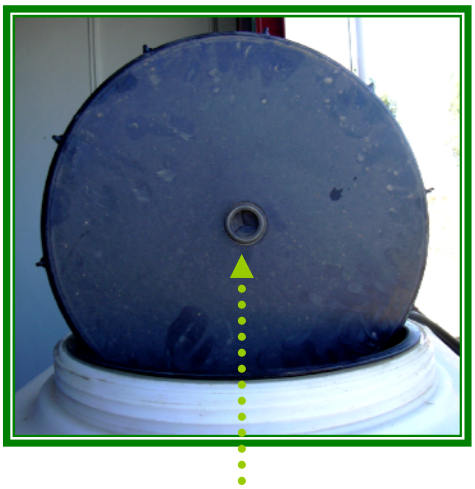

Fig. 7. Compensación de presiones: orificio en la tapa del depósito.

- Presencia de indicador de nivel de fácil lectura y visible desde el puesto del operador y desde donde se llena el depósito (Fig. 8 y 9).

Fig. 8. Indicador de nivel visible desde el lugar de llenado.

Fig. 9. Indicador de nivel visible desde el puesto del conductor.

Examen visual sin accionamiento de la máquina

DEPÓSITO

- Presencia de dispositivo de vaciado (Fig. 10 y 11). *Debe ser posible recoger el resto de caldo de forma sencilla, sin herramientas, de manera fiable y sin pérdidas (por ejemplo utilizando una válvula).*

Fig. 10. Válvula de vaciado de la cuba.

Fig. 11. Llave de apertura de válvula de vaciado.

- Presencia de depósito de agua limpia. *En el pulverizador debe existir un depósito auxiliar, totalmente aislado de los demás componentes del equipo, para uso higiénico del operador, con una capacidad mínima de 15 litros.*

SISTEMAS DE MEDIDA, CONTROL Y REGULACIÓN

Los sistemas de regulación controlan el trabajo del atomizador y están formados por los distribuidores, que permiten el desvío de caudal según las exigencias de la aplicación (pueden ser manuales o electromagnéticos, lo que permite su control electrónico), por los reguladores de presión y por los reguladores de caudal. Deben conseguir una superficie tratada con uniformidad en la dosis de producto, número y tamaño de las gotas, lo que exige una sincronización entre la velocidad de avance de la máquina y el caudal y mantener la presión (tamaño de las gotas).

Deben ser accesibles por el operador y permitir una lectura correcta de cualquier información que proporcionen.

Examen visual sin accionamiento de la máquina

SISTEMA DE MEDIDA, CONTROL Y REGULACIÓN

Hay tres tipos de sistemas de regulación:

Presión constante o caudal constante (PC o CC). Son simples y con reparto homogéneo si la velocidad del motor y avance se mantienen
Constan de una válvula limitadora de presión.

Caudal proporcional al régimen del motor (CPM). La válvula de presión es de seguridad y tiene una válvula reguladora de caudal. Los errores vienen por las variaciones de resbalamiento.

Caudal proporcional al avance electrónico (CPAE). Un microprocesador controla el caudal en función del avance a partir de un sensor de velocidad de giro de las ruedas, un radar o un GPS (Fig. 12).

En todos los casos, la revisión periódica de los equipos (cada campaña) y su correcto mantenimiento son imprescindibles para que el trabajo sea correcto.

Fig. 12. Sistema de regulación CPAE.

Examen visual sin accionamiento de la máquina

MANÓMETRO

- Visualización desde el puesto de conducción. *Para ello, se acepta poder girar la cabeza o la parte superior del cuerpo para realizar la lectura. No obstante, hay que tener en cuenta que el manómetro debe situarse de tal manera que cualquier fuga no pueda alcanzar al operador.*

- Escala legible y adecuada para el rango de presiones del trabajo (Fig. 13).

Fig. 13. Manómetro apropiado para un rango de presiones de 0 a 50 bar.

- Resolución de la escala:

Cada 0,2 bar	Presiones de trabajo menores de 5 bar
Cada 1,0 bar	Presiones de trabajo entre 5 y 20 bar
Cada 2,0 bar	Para presiones de trabajo mayores de 20 bar

- Diámetro mínimo de la carcasa (para manómetros analógicos): 63 mm.

Examen visual sin accionamiento de la máquina

TUBERÍAS

- Ausencia de doblado/abrasión. *Las tuberías flexibles deben colocarse sin codos salientes y sin que se produzca abrasión. Además, una tubería aplastada o doblada induce a una caída local de presión y podría causar un problema de equilibrio de presiones, lo que originaría un mal tratamiento.*
- Protección frente a proyección de fluido a alta presión. *Las tuberías deben situarse fuera del puesto de conducción (Fig. 14). En caso de máquinas sin cabinas, las conducciones y sus puntos de unión deben protegerse con pantallas rígidas .*

  Las tuberías deben llevar indicada la presión máxima admisible (Fig. 15).

Fig. 14. Tubería dentro del puesto del conductor sin protección

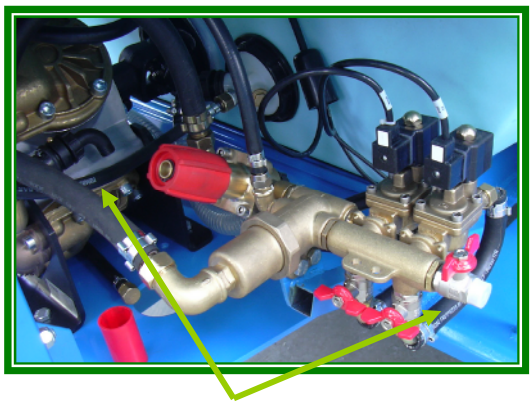

Fig. 15 Características de la tubería indicadas en la misma.

Examen visual sin accionamiento de la máquina

FILTROS

- Presencia de filtro en la aspiración y en la impulsión de la bomba.
- Presencia de dispositivo que permita la limpieza de los filtros sin que se vacíe el contenido del depósito principal (Fig. 16).
- Facilidad de extracción e intercambio. Los filtros deben ser intercambiables.
- Buen estado de los filtros y con tamaño de la malla adecuado para las boquillas instaladas (Fig. 17).

Fig.16. Dispositivo que no permite que se vacíe el depósito.

Fig.17. Filtro en buen estado y adecuado.

BOQUILLAS

- Elección adecuada de las boquillas más eficientes dependiendo del tratamiento (Fig. 18). *Las boquillas deben poder identificarse por su tipo y tamaño.*

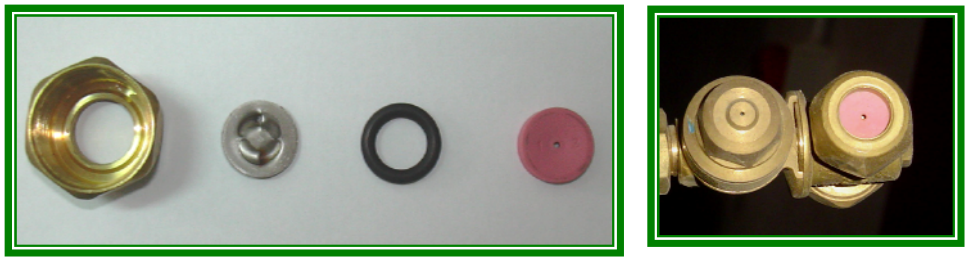

Fig. 18. Boquilla de cerámica con difusor de cono hueco apropiada para olivar.

Examen visual sin accionamiento de la máquina

BOQUILLAS

- Simetría. *Las boquillas de ambos lados de cada sección deben ser simétricas en cuanto a características para que el tratamiento sea similar a los dos lados del árbol (Fig. 19).*

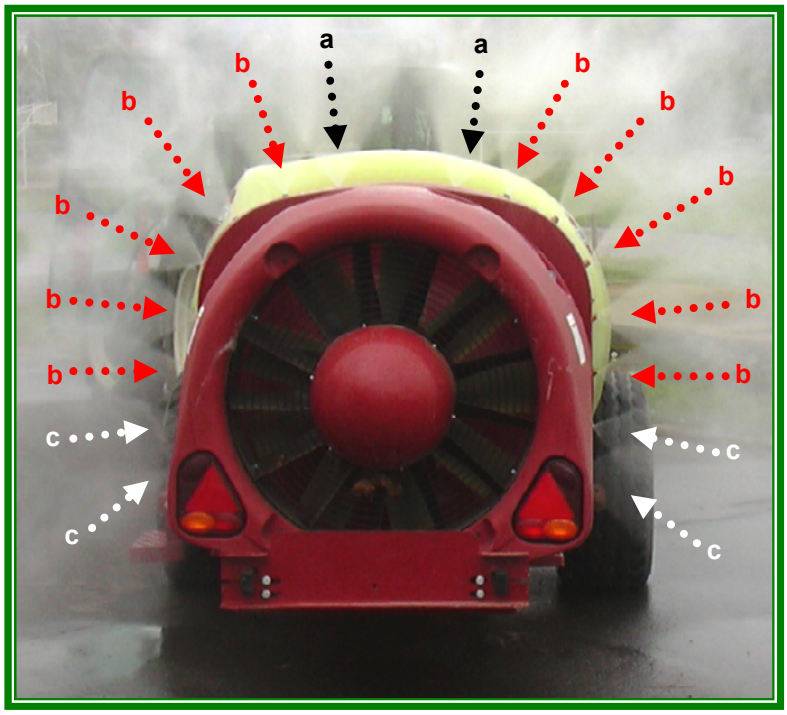

Fig. 19. Ejemplo de distribución simétrica de boquillas.

Examen visual sin accionamiento de la máquina

VENTILADOR

- Ausencia de deformaciones, roturas y corrosión (Fig. 20).

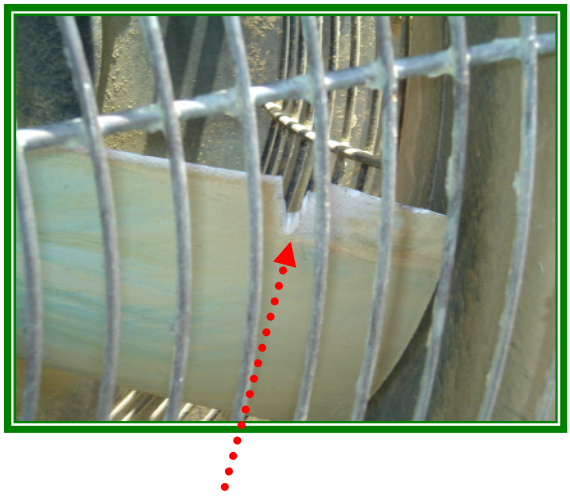

Fig. 20. Ventilador con álabes en mal estado.

- Presencia de resguardos de protección en las zonas de aspiración e impulsión del aire (Fig. 21).

Fig. 21. Ventiladores con resguardos de protección en la zona de impulsión del aire (izquierda) y en la zona de aspiración (derecha).

8 *¿Qué elementos se examinan visualmente accionando la máquina?*

BOMBA

- Ausencia de fugas en la bomba. *Se comprueba al accionar la misma y observando que no haya goteos.*

- Estabilidad de la presión. *La bomba no debe producir pulsaciones visibles: la aguja del manómetro debe permanecer estable en su posición de medida.*

- Presencia de válvula de seguridad (limitadora de presión) que funcione correctamente (Fig. 22).

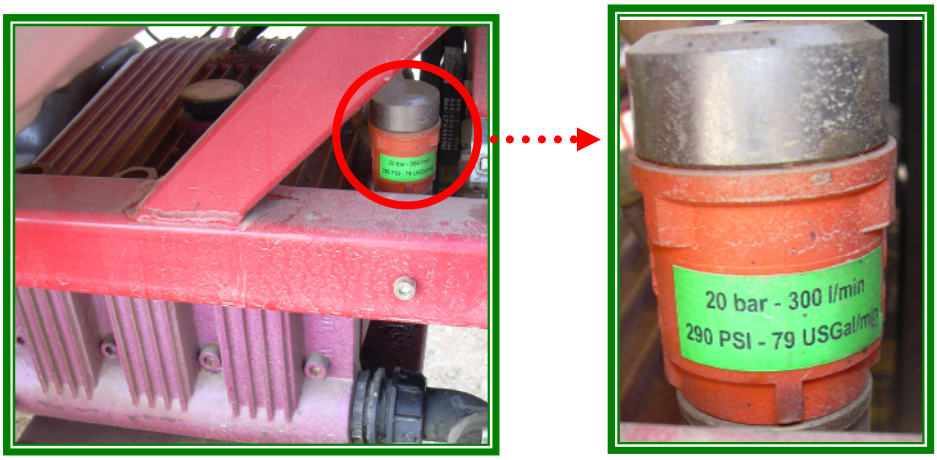

Fig. 22. Válvula de seguridad.

AGITACIÓN

- Recirculación claramente visible. *Se debe conseguir cuando se pulveriza al régimen nominal de la toma de fuerza, con el depósito lleno hasta la mitad de su capacidad nominal.*

Examen visual con accionamiento de la máquina.

DEPÓSITO

- Presencia de dispositivo de lavado de envases. *Si existe, debe funcionar correctamente.*

- Presencia de dispositivo de incorporación del producto fitosanitario que disponga de rejilla (Fig. 23). *Si existe*, *debe funcionar correctamente.*

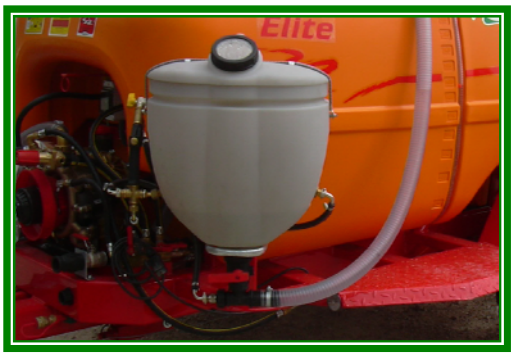

Fig. 23. Depósito de incorporación del producto fitosanitario.

- Presencia de una válvula que impida el retorno. *Si existe, debe funcionar de manera fiable (Fig. 24).*

Fig. 24. Válvula para impedir el retorno.

- Presencia de depósito de limpieza del circuito. *Es importante que se disponga de un depósito, con una capacidad de más de 50 litros de agua limpia, con el fin de limpiar el circuito de caldo y disolver los restos de producto de la cuba al final del tratamiento. Para ello muchos equipos disponen de un aspersor interno que pulveriza el agua limpia y luego se limpian las conducciones por vaciado.*

Examen visual con accionamiento de la máquina

SISTEMAS DE MEDIDA, CONTROL Y REGULACIÓN

- Ausencia de fugas.

- Regulador de presión. *Para un régimen de rotación constante, el regulador debe mantener constante la presión de trabajo con una tolerancia del ± 10 %. Además, dicha presión debe alcanzarse cuando el equipo se ponga en marcha después de haberse parado.*

- Posibilidad de cerrar individualmente las secciones.

- Presencia de sistemas de detección de árboles. *En la actualidad, los atomizadores suelen equiparse con dispositivos de detección de la presencia del árbol, mediante sensores de ultrasonidos, para el control de la aplicación de los productos (Fig. 25). Trabajan actuando sobre dos electroválvulas, cortando el tratamiento entre árboles y limitando la aplicación a su presencia. Estos sistemas son de gran importancia en plantaciones en las cuales la distancia entre pies es grande, como, por ejemplo, las de olivar tradicional (marcos de 12 x 12 m), ya que, proporcionan un ahorro considerable de producto fitosanitario.*

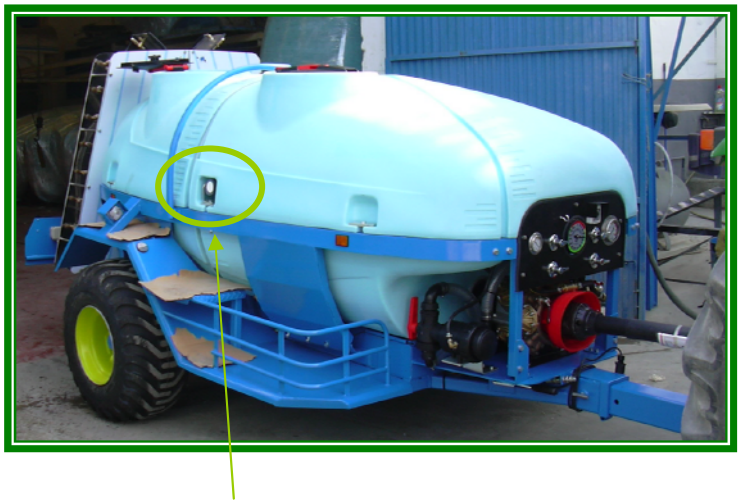

Fig. 25. Detector de la presencia de árboles.

Examen visual con accionamiento de la máquina

TUBERÍAS

- Ausencia de fugas en tuberías rígidas y flexibles. *Cuando se ensayen a la máxima presión que se puede conseguir en el sistema, no se deben producir fugas.*
- Ausencia de contaminación de la máquina. *No debe pulverizarse líquido sobre las tuberías.*

BOQUILLAS

- Ausencia de goteo. *Una vez se haya desconectado no se debe producir goteo en las boquillas. No se debe producir goteo alguno cinco segundos después de la desaparición del chorro.*
- *Cierre individual de cada boquilla por separado (Fig. 26).*
- *Regulación de la posición de manera simétrica y reproducible.*

Fig. 26. Cierre individual de boquilla.

Fig. 27. Chorro uniforme.

DISTRIBUCIÓN

- Uniformidad del chorro pulverizado (Fig. 27).

VENTILADOR

- Giro uniforme al régimen especificado por el fabricante.
- Funcionamiento correcto del cambio de velocidad de giro. Generalmente, los atomizadores suelen incorporar un multiplicador de dos velocidades y punto muerto.
- Funcionamiento correcto de los deflectores.
- Ausencia de contaminación en la máquina. *No debe pulverizarse líquido sobre la propia máquina.*

9 *¿Qué medidas se realizan para la calibración de la máquina?*

CAPACIDAD DE LA BOMBA

La capacidad de la bomba debe ser al menos del 90% de su caudal nominal original.

Medida de la capacidad. Se debe medir el caudal en una boca de salida al aire libre y a una presión entre 8 y 10 bar, o si es inferior, a la mayor presión de trabajo admisible para la bomba.

En las bombas se debe marcar la siguiente información (Fig. 28):
-Nombre y dirección del fabricante.
-Número de serie.
-Caudal máximo de la bomba.
-Presión máxima de la bomba.
-Caudal máximo a la presión máxima.
-Régimen nominal y régimen máximo de giro.

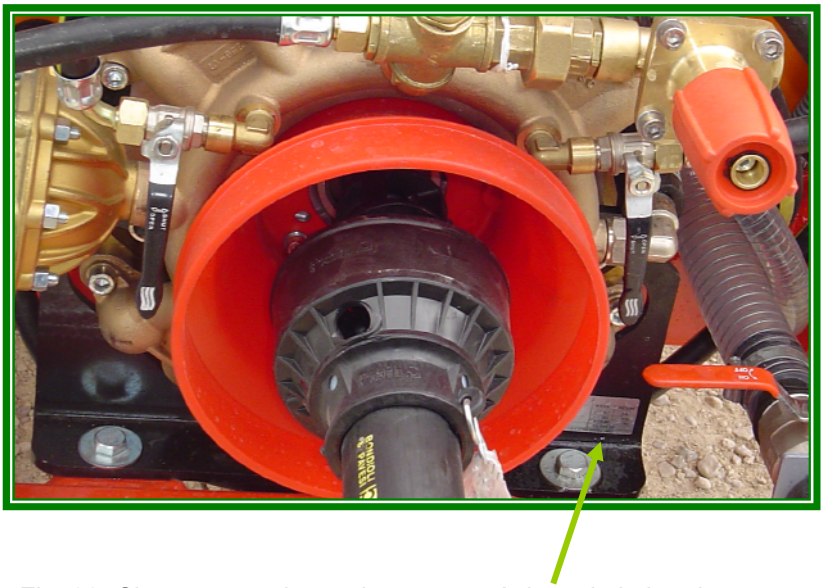

Fig. 28. Chapa marcada con las características de la bomba.

Medidas que se examinan para la calibración de la máquina

MANÓMETRO

- Precisión. La precisión del manómetro debe ser de ± 0,2 bar para presiones de trabajo comprendidas entre 1 bar (incluido) y 2,0 bar (incluido).Para presiones de trabajo superiores a 2,0 bar, el manómetro debe medir con una precisión de ± 10% del valor real.

± 0,2 Bar	Presiones de trabajo entre 1 y 2 bar.
± 10 %	Presiones de trabajo superiores a 2 bares

Medida de la precisión. Se realiza con un manómetro patrón de alta precisión en un banco de pruebas (Fig. 29).

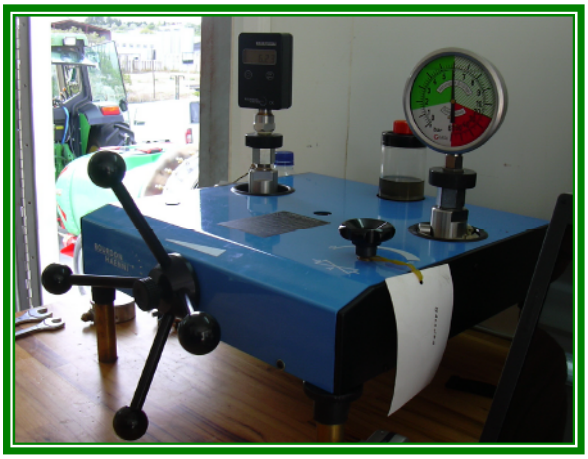

Fig. 29. Calibración de un manómetro.

OTROS DISPOSITIVOS DE MEDIDA

Si el pulverizador dispone de otros dispositivos de medida, como por ejemplo sensores de caudal y de velocidad de avance, éstos deben medir con un error máximo del 5% (Fig. 12).

Medidas que se examinan para la calibración de la máquina

DISTRIBUCIÓN

Se determina mediante la medida del caudal de las boquillas, la diferencia de caudal entre secciones y el equilibrio de presiones.
Opcionalmente se puede realizar la medida con un banco de distribución vertical (Fig. 30).
- Caudal de las boquillas.

Desviación (%)	Valor de referencia
Inferior al ± 15%	Caudal nominal
Inferior al ± 10%	Caudal medio de todas las boquillas del mismo tipo.

Fig. 30. Banco de distribución vertical.

Fig. 31. Banco de ensayo de boquillas.

Método de medida. Con las boquillas desmontadas se realiza la medida del caudal de cada una de ellas, a una presión determinada, colocándolas en un banco de ensayo (Fig.31). Alternativamente, también se puede realizar la medida sin desmontar las boquillas, utilizando caudalímetros electrónicos o probetas graduadas.

- Diferencia de caudal entre secciones izquierda y derecha. *Debe ser como máximo del 10 % (Fig. 32).*

Fig. 32. Medida del caudal en las secciones.

Medidas que se examinan para la calibración de la máquina

DISTRIBUCIÓN

- Equilibrio de presiones. *La caída de presión entre el punto donde se mide la presión en el pulverizador y el extremo de cada sección no debe superar el 15% de la lectura del manómetro.*

Medida de la caída de presión. Se debe colocar un manómetro estándar en el lugar de una boquilla en el extremo de cada sección. En el manómetro del pulverizador se deben establecer al menos dos presiones de referencia (por ejemplo, 10 y 20 bar). Los valores indicados por el manómetro del pulverizador se deben comparar con el valor medido por el manómetro estándar (Fig. 33).

Fig. 33. Cálculo de la caída de presión desde una boquilla hasta manómetro de la máquina.

RETORNOS CALIBRADOS

Cuando se mida la presión a la entrada de las secciones, ésta no debe experimentar variaciones de más del 10 %, cuando se cierran las secciones una a una.

Método de medida. *Se debe colocar un manómetro en lugar de una boquilla. La variación del valor indicado por el manómetro se observa mientras se van cerrando las secciones una a una.*

10 *¿Qué otros aspectos hay que tener en cuenta para realizar un tratamiento fitosanitario?*

- RIESGOS PARA LA SEGURIDAD Y SALUD DEL OPERADOR

La pulverización origina aerosoles, nieblas, gases y vapores orgánicos, por tanto, la inhalación del contaminante es causa importante de intoxicación, especialmente en la fase de preparación del caldo, ya que, se realiza con el producto concentrado. También debe impedirse la entrada de estos productos por vía dérmica, extremando las precauciones frente a salpicaduras o derrames. En todo caso, la mejor manera de informarse de los riesgos de un producto fitosanitario es a través de la etiqueta del envase y de su Ficha de Seguridad.

Estas operaciones deben realizarse con Equipos de Protección Individual que protejan el cuerpo (trajes), pies (botas de goma), manos (guantes de goma de nitrilo), ojos y cara (gafas o pantallas) y las vías respiratorias (mascarillas o máscaras) (Fig. 34). Además, lo ideal es que el tractor lleve cabina integral con filtros, para purificar el aire antes de que entre en el interior. En caso contrario, la aplicación debe efectuarse llevando puesto el equipo de protección para las vías respiratorias dentro de la cabina, de igual forma que se haría si el tractor no la tuviera.

No debe olvidarse que un requisito esencial de seguridad y salud, establecido por el Real Decreto 1435/1995 (conocido como Reglamento de Máquinas) y, por tanto, necesario para la comercialización de la máquina, es que el fabricante debe suministrar un Manual de Instrucciones. Este documento debe contener las informaciones y recomendaciones detalladas que sean necesarias para el mantenimiento y la utilización segura del equipo.

Fig. 34. Equipos de protección individual (EPIs) indicados para pulverizar.

Otros aspectos ha tener en cuenta para realizar un tratamiento fitosanitario

- PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

Se debe utilizar el dispositivo de lavado de envases que vierte dentro del depósito de incorporación. Prestar especial atención a los restos sobrantes de la aplicación. Si se vierten sobre la parcela, se puede producir la sobredosis de ciertas zonas y puede provocarse fitotoxicidad y contaminación puntual. Por ello, sería interesante poder conservar los restos para otra aplicación posterior.

Otro aspecto importante es el de la gestión de los envases vacíos. Éstos se consideran residuos peligrosos y deben llevarse a puntos limpios autorizados como los de la sociedad sin ánimo de lucro SIGFITO (Fig. 34).

Normalmente, en cada provincia existe una red de puntos de recogida donde los agricultores depositan sus envases vacíos.

Fig. 34. Punto de recogida de envases vacíos.

PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO Y CALIBRACIÓN DE MAQUINARIA PARA APLICACIÓN DE PRODUCTOS FITOSANITARIOS

PULVERIZADORES HIDRÁULICOS DE CHORRO TRANSPORTADO

Elementos examinados visualmente sin accionamiento de la máquina.	Resultado concluido			
	C	**G**	**M**	**L**
ESTADO GENERAL DE LA MÁQUINA				
-Limpieza.				
ELEMENTOS DE TRANSMISIÓN DE LA POTENCIA				
-Presencia del resguardo del eje de transmisión de potencia y del eje de la máquina.				
-Presencia del sistema de anclaje que impida que el resguardo gire.				
-Presencia de dispositivo de apoyo del eje de transmisión.				
DEPÓSITO				
-Ausencia de fugas.				
-Presencia de filtro en el orificio de llenado y en buen estado.				
-Presencia de dispositivo de compensación de presiones.				
-Presencia de indicador de nivel.				
-Presencia de dispositivo de vaciado.				
-Presencia de depósito de agua limpia.				
SISTEMAS DE MEDIDA CONTROL Y REGULACIÓN				
-Accesibles y que permitan lectura correcta.				
MANÓMETRO.				
-Visualización desde el puesto de conducción.				
-Escala legible y adecuada para el rango de presiones de trabajo				
-Resolución de la escala.				
-Diámetro mínimo de la carcasa para manómetros analógico: 63 mm				
TUBERÍAS.				
-Ausencia de doblado/abrasión.				
-Protección frente a proyecciones de líquido a presión.				
FILTROS.				
-Presencia de filtro en la aspiración y en la impulsión de la bomba.				
-Presencia de dispositivo que permita la limpieza de los filtros sin que se vacíe el contenido del depósito principal.				
-Facilidad de extracción e intercambio.				
-Buen estado de los filtros y con tamaño de la malla adecuado para las boquillas instaladas.				
BOQUILLAS.				
-Simetría de boquillas en ambos lados.				
-Elección adecuada de boquillas dependiendo del tratamiento.				
VENTILADOR				
-Presencia de resguardo de protección.				
-Ausencia de deformaciones, roturas, corrosión.				

Protocolo de mantenimiento y calibración

Elementos examinados visualmente accionando la máquina	Resultado concluido			
	C	**G**	**M**	**L**
DEPOSITO				
-Presencia válvula que impida el retorno.				
BOMBA				
-Ausencia de fugas en la bomba.				
-Estabilidad de la presión.				
-Presencia de válvula de seguridad.				
AGITACIÓN.				
-Recirculación claramente visible.				
BOQUILLAS.				
-Cierre individual de cada boquilla por separado.				
-Posibilidad de regulación de las boquillas de manera simétrica y reproducible.				
-Ausencia de goteo tras 5 seg.				
DISTRIBUCIÓN				
-Cada boquilla debe formar un chorro uniforme, pulverizado uniforme.				
TUBERÍAS.				
-Ausencia de fugas				
SISTEMAS DE MEDIDA, CONTROL Y REGULACIÓN				
-Ausencia de fugas.				
-Cierre individual de secciones.				
-Presencia de detección de árboles.				

Valoración de los defectos detectados en un pulverizador hidroneumático

DEFECTO	DESCRIPCIÓN
GRAVE	Defecto que debe ser reparado antes de volver a trabajar de nuevo. Afecta severamente a la calidad de la pulverización, a la seguridad del operario o al medio ambiente.
MEDIO	Defecto que debe ser reparado lo antes posible. Afecta moderadamente a la calidad de la pulverización, a la seguridad del operario o al medio ambiente.
LEVE	Proporciona una simple observación (llamada de atención al operario).

Medidas realizadas para la calibración de la máquina.	Resultado concluido	
	C	**G**
CAPACIDAD DE LA BOMBA		
SISTEMAS DE MEDIDA, CONTROL Y REGULACIÓN		
-Precisión del manómetro.		
-Otros dispositivos de medida.		
DISTRIBUCIÓN		
-Medición del caudal de cada boquilla.		
-Diferencia de caudal entre sección porta boquilla izquierda y derecha.		
-Diferencia de presión.		

SISTEMAS DE MEDIDA, CONTROL Y REGULACIÓN

- Precisión del manómetro.

	Lectura ascendente			**Lectura descendente**		
Lectura del manómetro inspeccionado	**Lectura del manómetro patrón**	**Error absoluto (bar)**	**Error relativo (%)**	**Lectura del manómetro patrón**	**Error absoluto (bar)**	**Error relativo (%)**

Error admisible para lecturas comprendidas entre 1 y 2 bar: ± 0,2 bar.
Error admisible para lecturas mayores que 2 bar: ± 10% del valor real.

DISTRIBUCIÓN

- Medición del caudal de cada boquilla.

Posición de boquilla.	Identificación de boquillas	Caudal nominal (l/min)	Caudal obtenido (l/min)	Desviación con respecto al caudal nominal (%)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				

La variación del caudal en boquillas de un mismo tipo no debe exceder en ± 15% del caudal nominal indicado por el fabricante.

-Diferencia de caudal entre sección porta boquilla izquierda y derecha.

Sección	*Caudal total (l/min)*	*Diferencia*	*Diferencia %*

La diferencia entre el caudal medio del lado derecho y el izquierdo debe ser como máximo un 10%

-Diferencia de presión.

Número de sección	*Lectura manómetro atomizador (bar)*	*Lectura en la sección*	*Error (bar)*	*Error (%)*

La caída de presión entre el punto donde se mide la presión en el pulverizador y el extremo de cada sección de la barra no debe superar el 15%.

Consejería de Agricultura y Pesca

Colabora: E.T.S.I Agrónomos y Montes
Universidad de Córdoba